

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-229182

(43)Date of publication of application : 14.08.2002

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 2001-023276

(71)Applicant : TOPPAN PRINTING CO LTD

(22)Date of filing : 31.01.2001

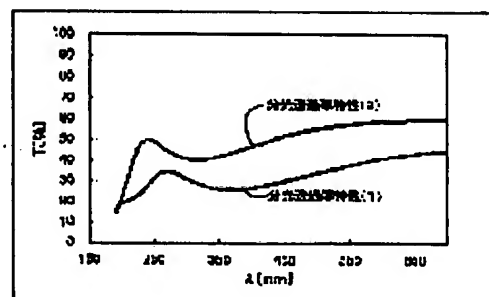
(72)Inventor : HARAGUCHI TAKASHI
MATSUO TADASHI

(54) HALFTONE PHASE SHIFT MASK BLANK AND HALFTONE PHASE SHIFT MASK USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a blank for a halftone phase shift mask and a halftone phase shift mask which can respond to shorter wavelengths or higher transmittance of the exposure light and which produces contrast during inspection.

SOLUTION: The blank for a halftone phase shift mask has a semitransparent film layer having a controlled phase and transmittance formed on a glass substrate, and the semitransparent film layer consists of a multilayered film of two or more layers containing specified metals and silicon as the main structural elements. The multilayered film contains films having high transparency (films having a low extinction coefficient) and films having high light-shielding property (films having a high extinction coefficient). The content proportion of specified metals to silicon in the films having high light-shielding property is higher compared to the content proportion in the films having high transparency.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-229182
(P2002-229182A)

(43) 公開日 平成14年8月14日 (2002.8.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	K 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-23276 (P2001-23276)

(22) 出願日 平成13年1月31日 (2001.1.31)

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 原口 崇

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 松尾 正

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

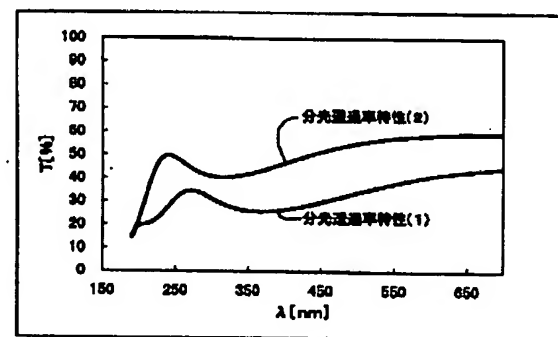
Fターム(参考) 2H095 BB03 BC05 BC11

(54) 【発明の名称】 ハーフトーン型位相シフトマスクブランク及びそれを用いたハーフトーン型位相シフトマスク

(57) 【要約】

【課題】 露光光の短波長化や高透過率に対応でき、検査時のコントラストが得られるハーフトーン型位相シフトマスクブランクおよびハーフトーン型位相シフトマスクを提供する。

【解決手段】 ガラス基板上に位相および透過率が制御された半透明膜層を備え、半透明膜層が、特定金属とシリコンを主要構成元素とする2層以上の多層膜で構成されているハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクに於いて、前記多層膜が透明性の高い膜（消衰係数の低い膜）と遮光性の高い膜（消衰係数の高い膜）を含み、前記遮光性の高い膜のシリコンに対する前記特定金属の含有比率が、前記透明性の高い膜の含有比率に比較して高いことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクブランク。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガラス基板上に位相および透過率が制御された半透明膜層を備え、半透明膜層が、特定金属とシリコンを主要構成元素とする 2 層以上の多層膜で構成されているハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクに於いて、前記多層膜が透明性の高い膜と遮光性の高い膜を含み、前記遮光性の高い膜のシリコンに対する前記特定金属の含有比率が、前記透明性の高い膜の含有比率に比較して高いことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項 2】 前記透明性の高い膜の金属／シリコンの比率に対する前記遮光性の高い膜の金属／シリコンの比率の値が 1.5 以上であることを特徴とする請求項 1 記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項 3】 前記特定金属が遷移金属であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項 4】 前記遷移金属がジルコニウムであることを特徴とする請求項 3 記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項 5】 請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いたことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体製造プロセス中のフォトリソグラフィ工程で使用される露光転写用のフォトマスク及びこれを製造するためのフォトマスクブランクに係るものであり、特にハーフトーン型位相シフトマスクまたはハーフトーン型位相シフトマスクブランクに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 位相シフト法は Si ウエハ上にパターンを転写する際の解像度向上技術の 1 つであり、開発が盛んに行われている。原理的にはマスク上の隣接する領域に互いの透過光が 180 度となるように位相シフト部若しくは掘り込み部を設けることにより、通常位相の透過光と位相反転された透過光とが互いに回折し干渉し合う際に境界部の光強度を弱め、その結果として転写パターンの解像度を向上させるものである。これにより通常のフォトマスクに比べて飛躍的に優れた微細パターンの解像度向上効果および焦点深度向上の効果を持つ。

【0003】 上記のような位相シフト法は IBM の Levenson らによって提唱され、特開昭 58-173744 号や、原理では特公昭 62-50811 号に記載されており、レベンソン型やハーフトーン型などが公知となっている。特にハーフトーン型位相シフトマスクは、半透明性膜に透過光の位相反転作用および、パターン内部でレジストの感度以下での遮光性の役割を持たせる事により透過光強度のエッジ形状を急峻にして解像性や焦点深度特性を向上させる

と共にマスクパターンを忠実にウエハ上に転写する効果を有したものであり、特にコンタクトホールパターンなどに効果がある。

【0004】 この中で特開平 11-15132 号や特開平 10-186632 号ではハーフトーン型位相シフトマスクブランク（以下ハーフトーンブランクまたはブランクと記述）の膜材料として、分光特性など優れた点を有することからジルコニウムやジルコニウムとシリコンの化合物を使用したものを提案している。また、ハーフトーン型位相シフトマスクの半透明膜の膜材料としてモリブデンおよびシリコンの化合物、チタンおよびシリコンの化合物、タングステンおよびシリコンの化合物、クロム化合物などが提案されている。尚、露光転写により形成するパターン寸法を所定倍率に拡大して転写用パターンを形成してあるフォトマスクのことを従来よりレチクルと称しているが、本発明に係る位相シフトマスクの分野に於いてもこれをレチクルと称し、位相シフトマスクとして定義された範疇に含まれるものであるとする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ここ数年の半導体の急激な微細化に伴い、それを達成するためのリソグラフィ技術も同時に進歩を遂げてきた。マスクパターンをウエハ上に転写する縮小投影露光装置（ステッパー若しくはスキャナー）は解像性を向上させるために短波長化が進み i 線以降では KrF エキシマレーザ、ArF エキシマレーザといった紫外光領域光への変遷を辿っている。また、ArF エキシマレーザの次世代露光光源として、更に波長の短い F2 エキシマレーザ露光の開発が進められている。また近年ではウエハ上に転写されるパターンの解像性をより高めるために、シフター部（位相シフト部）における光の透過率を高めた高透過率ハーフトーンマスクも注目されている。高透過率ハーフトーンマスクはシフター膜部の透過率が高く、位相を反転して透過する光の強度も強くなる。このため通常透過光との干渉によるエッジ部での光振幅の打ち消し効果が高くなり、Si ウエハへのパターン転写時における解像性が向上する。

【0006】 これまで提案されているハーフトーンマスクやブランクのシフターに用いられる膜材料の内、金属（Me）とシリコン（Si）との化合物で形成されたものの多くは、上記のような露光光のより短波長化への移行や高透過率化への対応を行おうとすると、従来の膜に含まれる元素組成では位相差を 180 度としたとき、所望の透過率を得ることが完全に不可能となってしまうなどの問題が生じる。

【0007】 このような、金属とシリコンの化合物膜に於いて、露光光の短波長化や高透過率化に対応する為に最も効果的な効果的な方法はシリコンの比率を高めることであるが、場合によっては検査波長透過率が上昇する事により、検査時のコントラストが得られなくなるな

ど、分光特性の悪化を招く場合もあった。本発明は、露光光の短波長化や高透過率に対応でき、検査時のコントラストが得られるハーフトーン型位相シフトマスクブランクおよびハーフトーン型位相シフトマスクを提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明が提供するものは、ハーフトーン型位相シフトマスクおよびハーフトーン型位相シフトマスクブランクの半透明性シフター膜において、金属元素とシリコン元素の比率を光学特性等の関わりから鑑みて特定するものである。

【0009】具体的には上記で挙げたような問題点を解決するために、ガラス基板上に2層膜構成以上の半透明性膜を形成したハーフトーン型位相シフトマスクおよびこの製造に係るマスクブランクに於いて、金属元素とシリコン元素の比率の関係を規定するものであり、これによって上記問題点に列挙した事柄を解決することが出来るものである。

【0010】本発明ではこのような上記記載の方法によって問題解決をはかるもので、以下にその手段を列挙する。

【0011】本発明の請求項1の発明は、ガラス基板上に位相および透過率が制御された半透明膜層を備え、半透明膜層が、特定金属とシリコンを主要構成元素とする2層以上の多層膜で構成されているハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクに於いて、前記多層膜が透明性の高い膜と遮光性の高い膜を含み、前記遮光性の高い膜のシリコンに対する前記特定金属の含有比率が、前記透明性の高い膜の含有比率に比較して高いことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクブランクとしたものである。

【0012】本発明の請求項2の発明は、前記透明性の高い膜の金属／シリコンの比率に対する前記遮光性の高い膜の金属／シリコンの比率の値が1.5以上であることを特徴とする請求項1記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランクとしたものである。

【0013】本発明の請求項3の発明は、前記特定金属が遷移金属であることを特徴とする請求項1または請求項2記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランクとしたものである。

【0014】本発明の請求項4の発明は、前記遷移金属がジルコニウムであることを特徴とする請求項3記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランクとしたものである。

【0015】本発明の請求項5の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いたことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクとしたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明に係るフォトマスク、特にハーフトーン型位相シフトマスクおよびハーフトーン型位相シフトマスクブランクは、合成石英等の透明基板上に2層膜以上の半透明性膜シフターを設けたものであるが、分光等の特性を損ねることなく露光光源の短波長化や高透過率ハーフトーンに対応可能とさせるために、各層における元素含有比の関係を定めたものである。

【0017】本発明で有効としている特定金属としては主に従来技術に記述したようなジルコニウムやモリブデン、チタン、タングステン、ハフニウムその他の遷移金属であり、半透明性膜中にこれらの金属とシリコンが含まれている場合である。

【0018】より具体的には、主として位相差を確保するための透明性膜（消費係数の低い膜）と、透過率を調整するための遮光性膜（消費係数の高い膜）で構成された2層膜以上のシフター層において、透明性膜の (Me/Si) 比 < 遮光性膜の (Me/Si) 比という関係であることとするものである。また更には前記後者である遮光性膜の (Me/Si) 比の値が、前者透明性膜の (Me/Si) 比の値の1.5倍以上とすることで様々な問題点を解決することが可能となるものである。

【0019】

【実施例】本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの実施形態を実施例により説明する。尚、本実施例では一例としてZrとSiを膜の主要構成材料とした場合について示す。Zr-Siの化合物で、最もSi含有率が高い化学量論比は ZrSi_2 である。下記の実施例で、スパッタリングターゲットとして、 ZrSi_2 、 ZrSi 、という表記がでてくるが、そのような割合でZrとSiが混合されたものであり、 ZrSi_2 とSiが存在している状態と推定される。

【0020】＜実施例1＞本実施例1では、ガラス基板上に設けた2層膜半透明シフターの各層を異なる組成のターゲットから成膜したものである。すなわち透明性の高い膜の成膜の場合には遮光性の高い膜の場合よりもSi含有率の高いターゲットを予め使用した。これにより本発明のハーフトーン型位相シフトマスクおよびブランクの作製を実施した。

【0021】成膜はスパッタリング法を用いて行った。スパッタリング装置にはマグネトロンスパッタリング装置を使用し、Arおよび O_2 ガスの雰囲気中での反応性成膜とした。本実施例では上記のようなガス条件の下で酸化膜を形成したが、この他にも窒化物や酸化窒化膜・ハロゲン化物等、特にこれに限らず有効である。まず、遮光性の高い膜である ZrSi_2 を成膜し、次に透明性の高い膜である ZrSi を成膜した。成膜条件は概ね以下の条件にて行った。

ターゲット : ZrSi_2 (遮光性膜成膜時)、 ZrSi (透明性膜成膜時)

膜厚 : ZrSi_2 75オングストローム、 ZrSi

762オングストローム

成膜雰囲気 : Ar+O₂=40[SCCM] (反応性スパッタリング)

O₂=1[SCCM]以下 (遮光性膜成膜時)

O₂=7乃至10[SCCM] (透明性膜成膜時)

Pressure : 0.25[Pa]

Power : DC300[W]

Anneal : 250°C, 1h (Oven)

(尚、ZrSi₂ターゲットとはZrSi₂にSiを加え、Zr:Si=1:3の組成比としたターゲットである。)

【0022】成膜されたブランクは次にレジスト塗布を行い、露光、現像等のレジストプロセスを経てパターンを形成した。レジストにはポジ型電子線レジスト(ZEP900:日本ゼオン)を用い、膜厚5000Åにて塗布を行った。ドライエッチング条件は以下の通りである。ドライエッチング装置にはRIE装置を使用した。エッチングガスは、本実施例ではBCl₃を用いてエッチングを行った。このときのエッチング圧力は1Paおよび10Paの2条件エッチング、印加電力はRF200Wとした。以上のようにしてマスクを作成した。

【0023】なお比較例として、以下の条件でブランクを作成した。成膜条件は概ね以下の条件にて行った。

ターゲット : ZrSi₂ (遮光性膜成膜時及び透明性膜成膜時)

膜厚 : ZrSi₂ 1094オングストローム (遮光性膜成膜)、128オングストローム (透明性膜成膜)

成膜雰囲気 : Ar+O₂=40[SCCM] (反応性スパッタリング)

O₂=1[SCCM]以下 (遮光性膜成膜時)

O₂=7乃至10[SCCM] (透明性膜成膜時)

Pressure : 0.25[Pa]

Power : DC300[W]

Anneal : 250°C, 1h (Oven)

このブランクを用いて、上記実施例と同じ条件でマスク*

*を作成した。

【0024】以下にこのハーフトーン型位相シフトマスクブランクの分光特性を示す。図1に示した分光特性はArFエキシマレーザ露光用の上記実施例及び比較例の分光特性であり、マスク透過率は193nmにおいて高透過率である16.8%(分光(1))・・・実施例、16.3%(分光(2))・・・比較例である。

【0025】成膜後の膜を組成定量分析(XPS)にて膜定常層までエッチングし分析した結果、図中の分光特性(2)における透明性の高い膜でのMe/Si比は0.54、遮光性の高い膜でのMe/Si比は0.45であった。分光特性(1)においては透明性の高い膜が同0.29、遮光性の高い膜が同0.45であり、この場合には本明細書で示す範囲、すなわち透明性膜の(Me/Si)比<遮光性膜の(Me/Si)比の条件を満足する。また、0.45/0.29=1.55(実施例)、0.45/0.54=0.83(比較例)となり、1.5以上であれば、従来例に比べ有効である。(尚、この場合のMe=Zrとした。)

【0026】以上のような分光特性を得られた結果検査波長域での分光透過率特性は表1のようになり、本発明を適用した場合には、表1-分光特性(1)に示す値に改善され、検査時のコントラストが充分に得られた。なお、検査に用いられる波長は、露光波長より長い波長であることが一般的である。この例のように、ArFエキシマレーザ(波長193nm)露光用の場合は、365nmあるいは、257nm、488nm程度の波長の光が検査波長として用いられる。露光波長より長い波長が用いられる理由は、短い波長の光を発生させるのは、設備がおおがかりとなり、コストがかかるため、検査波長に露光波長と同程度の波長を用いることは検査コストが上昇するためである。

【0027】

【表1】

表1 検査波長における分光透過率の値[%]

	波長[nm]		
	257	365	488
分光特性(1)	33.1	25.3	32.9
分光特性(2)	47.4	43.1	54.5

【0028】<実施例2>実施例2では、同一組成ターゲットを用いて2層膜の半透明シフター層を形成した場合について示す。同一の組成のターゲットから成膜を行う場合に於いても、膜の透明性を高めて行ったときにMe/Siの比率が小さくなるターゲット若しくはスパッタリング条件を選ぶことで本発明の実施が可能である。本実施例ではターゲットとしてZrSi₂にSiを加えて製造したZrSi₂のターゲットを用いて2層膜半透明シフターの成膜を行った。(但し、本ターゲットはZ

rSi₂にSiを加え、全体の組成比をZr:Si=1:4としたものである。)成膜条件は以下に示す。

ターゲット : ZrSi₂,

合計膜厚 : 1393Å

成膜雰囲気 : Ar+O₂=40[SCCM] (反応性スパッタリング)

O₂=1[SCCM]以下 (遮光性膜成膜時)

O₂=7[SCCM] (透明性膜成膜時)

Pressure : 0.25[Pa]

Power : DC300[W]

Anneal : 250℃, 1h (Oven)

マスク作製プロセスは実施例1と同様にレジスト塗布を行い、露光、現像等のレジストプロセスを経てパターンを形成した。その後RIE装置を用いたドライエッチングを行いマスクパターン形成した。エッチング条件はBCl₃ガスを用い、圧力は1Paおよび10Pa、印加電力はRF200Wとした。なお比較例としてターゲットとして上記のZrSi₄に代えてZrSi₂を用い、上記と同じ条件でブランク及びマスクを作成した。

【0029】このようにして得られたハーフトーン型位相シフトマスクおよびブランクの膜を組成分析した結

果、透明性の高い膜での組成比はMe/Si比=0.1*

表2 検査波長における分光透過率の値[%] (計算値)

	波長 [nm]	
	193	365
本発明の実施例	20	17.75
本発明の比較例	20	43.34

【0031】この結果から、同一組成ターゲットを用いて2層膜の半透明シフター層を形成した場合についても本発明を実施することは可能である。

【0032】以上実施例では一例として、膜主要構成材料としてZrとSiの化合物を用いたが、金属元素はMo, Ti, Hf等の金属でも実施可能であった。他の金属元素とSiを主要な構成元素とする化合物でも問題はないが、できれば前出に代表される遷移金属とSiを主要な構成元素とすることが効果の面で好ましい。成膜時の導入ガスについてもAr+O₂以外のガス条件でも何ら問題はなく、成膜後の膜は酸化膜、窒化膜、弗化膜またはこれらの複合の状態等、膜の種類に依らない。

【0033】

【発明の効果】本発明は、現在の金属およびシリコンが含有されているハーフトーン型位相シフトマスクに適用可能なものである。また本発明は特に今後の半導体の微細化に対応したマスクの品質向上等には有効な手段となるものである。その方法としてはハーフトーン型位相シフトマスクおよびブランクがガラス基板上に2層膜もしくはそれ以上で設けられた場合に、各層間での膜中に含ま

*3、遮光性の高い膜でのMe/Si比=0.30となり、

透明性膜の(Me/Si)比 < 遮光性膜の(Me/Si)比の条件を満足する。(Me=Zr)

また、0.30/0.13=2.31であるので1.5以上となり、分光特性の改善に寄与する。尚、成膜した膜の光学定数から光学シミュレーションを行うと、193nmでの分光透過率を一定(20%)とした場合、本発明の実施例・比較例での検査波長(365nm)における分光透過率はそれぞれ以下の様になり、約25%低減することが可能であった。

【0030】

【表2】

10

20

30

れる金属とSiの比率を規定するものである。

【0034】すなわち、ハーフトーン型位相シフトマスクおよびこの製造に係るマスクブランクのガラス基板上に設けられた半透明性膜が主として位相差を確保するための透明性膜と、透過率を調整するための遮光性膜で構成された2層膜以上で形成された場合に透明性の高い膜におけるSiの比率を遮光性の高い膜のそれと比較して高めるものである。これにより透明性膜における透明性の確保が容易になり、今後の更なる短波長露光や、高透過率のマスクにも対応させることができる。また本発明に依ると、前記のような短波長化や高透過率化に対応させたときにも分光特性を改善する事ができ、検査時のコントラスト低下を防ぐことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の分光透過率を示す図である。

【符号の説明】

(1) …実施例の分光透過率曲線

(2) …比較例の分光透過率曲線

(6)

特開 2002-229182

【図 1】

